

## &lt;原 著&gt;

## 白杖歩行における偏軌の特徴

### —— 先天性視覚障害者を対象として ——

門脇 弘樹\*・菊池 志乃\*\*・牟田口辰己\*\*\*

本研究では、先天性視覚障害者4名を対象に歩行速度（「遅い」・「通常」・「速い」）が白杖歩行の偏軌にどのような影響を与えているのかを定量的に明らかにすることを目的とした。さらに、白杖を持たない歩行についても検討し、それらから白杖歩行の偏軌における特徴について分析した。先天性視覚障害者3名の偏軌距離は「通常」が最も小さかった。白杖なし歩行と白杖歩行（「遅い」・「通常」・「速い」）それぞれの偏軌距離に有意差は認められなかった。ただし、これらの結果は対象者3名のため統計的処理に耐えられなかった。歩行軌跡に関して、先天性視覚障害者3名の内、2名がR型、1名がLR型に分類され、3種類の分類は日常的な歩行場面との関連があり、歩行を評価する際の一資料になりうることが示唆された。また、残り1名の先天性視覚障害者の歩行軌跡はゴールラインまで到達しない地点で、偏軌距離が5mよりも大きい値を示しただけでなく、駅ホームからの転落経験を有していた。そのため、偏軌が大きく生じると重大な事故につながる危険性があり、それを生じないようにするための対策が必要となると考えられた。

キーワード：先天性視覚障害者、偏軌、歩行速度、歩行軌跡

## I. 問題の所在と目的

偏軌とは、歩行中に、本人の意志とは関係なく、歩行コースの進行方向から右又は左に自然にそれてしまうことである（文部省，1985）。近年、この偏軌について歩行速度の観点から報告が行われている。まず、晴眼者における視覚遮断状況での実験では、Cohen and Sangi-Haghepykar（2011）は、メトロノームを用いて「遅い」（60 beats / min：以下 bpm とする）、「中間」（120 bpm）、「速い」（176 bpm）の3種類の速度条件を設定し、それぞれの条件において歩行の計測を行った結果、「遅い」条件と「速い」条件よりも、「中間」の条件において偏軌が小さくなることを明らかにしている。また、ステップ頻度（1秒間あたりの歩数）による偏軌への影響を分析した研究では、通常の頻度は低頻度と高頻度の場合に比べて偏軌を最小に抑えられることが明らかにされている（Uematsu, Inoue, Hobara, Kobayashi, Iwamoto, Hortobagyi, &

Suzuki, 2011）。これらの研究は白杖歩行を想定していないが、視覚遮断状況での歩行では「中間」（120 bpm）あるいは「通常の頻度」といった歩行速度で歩行することで偏軌を最小にできることが示されている。一方、白杖歩行を想定した晴眼大学生における視覚遮断状況での実験では、歩行速度「速い」は「遅い」と比較して有意に偏軌距離が小さくなることが示されている（門脇・牟田口，2015）。この研究は中途視覚障害者のシミュレーション実験であり、視覚経験の有無が白杖歩行の偏軌にもたらす影響を検討するためにも先天性視覚障害者を対象とした研究を行い、その特徴を明らかにする必要がある。しかし、これまで歩行速度の観点から、様々な報告が行われているものの、日常的に白杖を使用している先天性視覚障害者の偏軌に歩行速度がどのような影響を及ぼすかは明らかにされていない。

そこで本研究では、先天性視覚障害者を対象に歩行速度が白杖歩行の偏軌にどのような影響を与えているのかを定量的に明らかにすることを目的とした。さらに、白杖を持たない歩行についても検討し、それらから白杖歩行の偏軌における特徴について分析した。

\* 広島大学大学院教育学研究科博士課程後期教育学習科学専攻

\*\* 広島大学大学院教育学研究科博士課程前期特別支援教育学専攻

\*\*\* 広島大学大学院教育学研究科特別支援教育学講座

## Ⅱ. 方 法

### 1. 対象者

対象者は先天性視覚障害者4名（男性2名と女性2名，年齢22～51歳）である。対象者の視力および受障時期，眼疾患を Table 1に示した。佐藤（1974）は，医学的には生まれつきの盲を先天盲，生後失明したものを後天盲と区別されるが，心理学的には視覚表象の有無が問題になるため，5歳以前の失明を先天・早期失明としている。また，佐藤（1988）は3歳から5歳くらいまでの失明は視覚的経験が残らないとされていることから，5歳以前の失明を早期全盲，6歳以後の失明を後期全盲としている。そこで，本研究においても，佐藤（1974）および佐藤（1988）の定義にしたがって，5歳以前に失明した者を先天性視覚障害者とし，本研究の対象とした。研究を行うにあたって，研究の目的および方法について説明を行い，対象者から同意

を得た。また，本研究は倫理的配慮として広島大学大学院教育学研究科倫理審査委員会の承認を得て行った。

### 2. 実験環境

#### （1）歩行路

本研究は，X大学体育館（規格：29.6m × 34.6m）で実施した。偏軌距離および歩行軌跡のデータを計測するために，16m × 10mの歩行路を設定した（Fig. 1）。先行研究（門脇・牟田口，2015）の手法にならない，スタートラインからゴールラインまでを16mとし，横幅は10mとした。歩行路はAとBの2つのコースで構成し，それぞれの進行方向が逆になるようにした。進行方向を逆にした理由は後述する。歩行路の中央に，スタートラインからゴールラインまでを結ぶ基準線を設けた。この基準線の位置は体育館の中央に位置するようにし，対象者から見て基準線と左右の壁までの距離が14.8mと等しくなるようにした。ゴールラインに

Table 1 対象者の視力および受障時期，眼疾患

対象者	視力		受障時期	眼疾患
	右	左		
A	0	0	先天	網膜芽細胞腫
B	0	0	先天	ピーターズ奇形
C	0	0	先天	緑内障
D	手動弁	手動弁	先天	網膜色素変性症

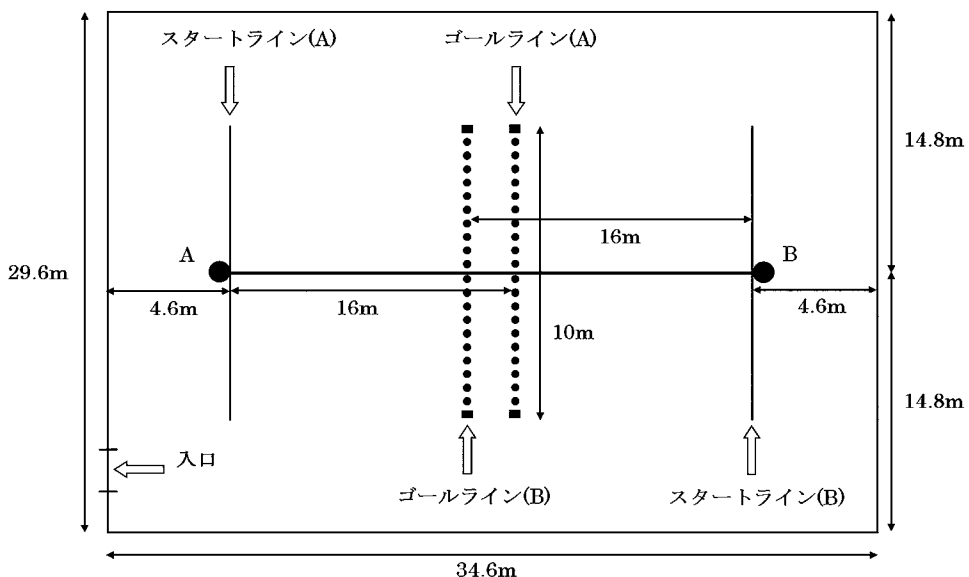


Fig. 1 歩行路

は基準線から左右それぞれの位置に、シール（直径1.5cm）を床の板目5枚（1枚：9.0cm）おきに計10枚（4.5m）、左右の5m地点にはビニールテープを貼り、偏軌距離および歩行軌跡のデータを計測する際の目安とした。なお、スタートライン、基準線、ゴールラインにあるシールは対象者が足で踏んでも分からない素材であった。

### （2）音要因への配慮

田伏・植坂・野口（2014）によると、音要因を統制する方法として、聴覚を遮断する、音要因の影響がない場所で実施する、逆方向に進ませる条件をカウンターバランスとして取り入れる等が挙げられる。従来の偏軌の研究では、視覚情報が偏軌に与える影響を厳密に評価するために聴覚遮断して実験が行われている（Cohen & Sangi-Haghpeykar, 2011; Uematsu et al., 2011）。しかし、視覚障害者に聴覚遮断して実験を行うことで、盲ろう者に近い歩行状況になることが考えられた。門脇・牟田口（2015）は、同様の理由から聴覚遮断しない手法で実験を行っており、以下の二点から音要因への配慮を行っている。一点目は、実験を行う前にAコースとBコースそれぞれのスタート地点と歩行路の中央地点（体育館中央地点）の3地点で同時に暗騒音を測定し、騒音レベルのデータを得ることであった。二点目は、2つのコースを設定することで、進行方向を逆に進む条件をカウンターバランスとして取り入れることであった。この研究ではこの二点から音要因に配慮することで、課題遂行中の音響環境が偏軌に影響を及ぼした可能性は低いことを報告している。そこで、本研究においても門脇・牟田口（2015）の手法にならって、暗騒音の測定と進行方向を逆に進む条件をカウンターバランスとして取り入れることで音要因に配慮することとした。

### （3）歩行の記録

実験に使用する白杖は、対象者が日常的に使用しているものとした。対象者は履き慣れた靴を履き、実験に参加した。なお、服装の指定はしていない。また、ウェアラブルカメラ（Panasonic製、HX-A500）を腰に装着し、歩行中の足下の様子を撮影できるようにした。なお、ウェアラブルカメラはiPad mini 3と連動させ、実験者がこれを遠隔操作した。その際、対象者の靴の右足親指に赤テープを貼り、その位置をウェアラブルカメラで追跡するようにした。また、実験者はスタートラインからゴールラインに到達するまでの歩行時間、歩数、偏軌の方向を記録した。偏軌の方向は基準線をもとに、ゴールライン到達時の対象者の位置に

よって左右を特定した。

## 3. 手続き

### （1）歩行条件

対象者の中には視力が手動弁の者（対象者D）がいた。そのため、例外として対象者Dのみアイマスクによる視覚遮断を行った状態で実験を行った。実験では、白杖を持たない歩行（以下、白杖なし歩行条件とする）、および白杖歩行条件の計測を行った。その際、白杖歩行条件では、対象者は白杖を利き手で持った。なお、白杖を持つ手（利き手・非利き手）は偏軌に影響を与える要因でないことが先行研究より明らかにされており（門脇・牟田口，2015）、本研究では非利き手については検討しなかった。また、白杖歩行を想定していない晴眼者における視覚遮断状況での実験では、歩行速度「通常」は「遅い」「速い」と比較して偏軌を最小に抑えられることが明らかにされている（Cohen & Sangi-Haghpeykar, 2011; Uematsu et al., 2011）。そのため、白杖なし歩行条件では、歩行速度「通常」のみを計測した。白杖歩行条件では、3種類の歩行速度（「遅い」・「通常」・「速い」）で計測した。

### （2）試行

スタート位置は、スタートラインと基準線の交点（Fig. 1のAまたはB地点）とし、右足親指に貼付した赤テープが交点と重なるようにした。そして、対象者にスタート位置からゴールラインに向かって真っすぐ歩かせた。ゴールラインに到達したら実験者は合図をし、対象者を再度スタート位置まで誘導した。こゝまでを1試行とした。

### （3）試行順

最初に、白杖なし歩行条件を計測した。その際、普段歩いている速さで3回歩くように教示し、歩行時間、歩数、歩幅、偏軌距離、および偏軌の方向を計測した。これを歩行速度「通常」とし、前述の理由から白杖なし歩行条件では「通常」のみを計測した。

次に、白杖歩行条件を測定する際の歩行速度を設定した。まず、実験者は対象者に歩行路を普段歩いている速さで3回歩くよう教示し、その際の歩行時間と歩数を計測した。そして、歩行時間と歩数の3回分の平均値をもとに一分間あたりの歩数を算出し、それを「通常」の歩行速度とした。以下はその計算式である。

【歩数(歩)／歩行時間(秒)】×60＝一分間あたりの歩数(歩／分)

Table 2 歩行と偏軌に関連した質問

- 
- ①歩行指導の開始時期および指導を受けた場所
  - ②使用している歩行補助具
  - ③真っすぐ歩けず、失敗した経験の有無
  - ④横断歩道を歩く際に手がかりにしているもの
  - ⑤手がかりのない横断歩道を歩く際に手がかりにしているもの
  - ⑥ホームからの転落経験の有無
  - ⑦直進歩行距離に関する自己評価
  - ⑧歩行のくせとその対応策
  - ⑨歩行中に危険と感じるもの
- 

次に、先行研究 (Uematsu et al., 2011; 門脇・牟田口, 2015) の手法にならい「通常」の歩行速度から0.8倍, 1.2倍したものそれぞれ「遅い」「速い」の歩行速度とした。歩行速度の提示には、スマートフォン (SHARP 製, 高さ: 107mm, 幅: 54mm, 厚さ: 11.9mm, 質量: 約108g) に「BPM」というメトロノームのアプリをインストールして使用した。その際、白杖を持つ手とは反対の手にスマートフォンを握らせてメトロノームの振動で速度を提示しながら、その速度に合わせて歩くよう求めた。歩行速度を算出した後は、白杖歩行条件を提示した。計測は、歩行速度 (「遅い」・「通常」・「速い」) の各条件において3試行ずつ、計9試行を条件ごとに無作為に行った。すなわち、対象者1名に対し、白杖なし歩行条件3試行と白杖歩行条件3 (試行) × 3 (「遅い」・「通常」・「速い」) の9試行で、計12試行を計測した。また、対象者は、各条件の計測の前にメトロノームの振動に合わせて歩く練習を行った。実験後は、「歩行速度」, 「音響環境」の観点から自由回答で対象者の内省報告を聴取した。また、歩行と偏軌に関連した質問 (Table 2) を行い、対象者の歩行を分析する際の資料とした。

#### (4) 分析方法

偏軌距離および歩行軌跡は、ウェアラブルカメラの記録を Adobe Premiere Elements 10 (Adobe 製) を用いて分析した。その際、対象者の右足親指に貼付した赤テープの位置をウェアラブルカメラで追跡することでそれぞれを求めた。偏軌距離はゴール到達時における基準線から赤テープまでの距離とした。なお、ゴールラインに最も近い右足親指の位置をゴール到達時 (16m) の偏軌距離と定義した。また、偏軌距離は、歩行路の基準線から右側をプラス、左側をマイナスの値として処理した。歩幅は歩行距離 (16m) を歩数で割って求め、平均と標準偏差を算出した。

### Ⅲ. 結 果

対象者の身長は $160.75 \pm 5.12$ cm, 体重 $59.25 \pm 15.27$ kg, 白杖の長さ $117.25 \pm 3.70$ cmであった。また、体育館の暗騒音レベルの平均 (3地点) は $56.78 \pm 1.06$ dB SPLであった。また、本研究における歩行路の横幅は10mであり、基準線から左右に5mの幅を設定していたが、対象者Bの歩行軌跡はゴールラインまで到達しない地点で、偏軌距離が5mよりも大きい値を示し、測定不能であった。そのため分析から除外し、対象者Bの結果に関しては歩行と偏軌に関連した質問 (Table 2), 歩行軌跡の結果を示した。なお、除外した後の対象者3名 (対象者A・C・D) の身長は $162.00 \pm 5.35$ cm, 体重 $62.00 \pm 16.75$ kg, 白杖の長さ $119.00 \pm 2.45$ cmであった。体育館の暗騒音レベルの平均 (3地点) は $56.27 \pm 0.67$ dB SPLであった。

#### 1. 歩行速度と歩行時間, 歩数, 歩幅

白杖歩行条件における3つの歩行速度について、一分間あたりの歩数および速度 (m/分) の平均値と標準偏差を Table 3に示す。ここで、一分間あたりの歩数について、被験者内の一要因分散分析を行った結果、条件の効果は有意であった ( $F(2, 4) = 391.65$ ,  $p < .01$ )。Bonferroni法を用いて多重比較を行った結果、「遅い」と「通常」, 「遅い」と「速い」, 「通常」と「速い」の間に有意差が認められた ( $p < .05$ )。また、一分間あたりの速度 (m/分) について、被験者内の一要因分散分析を行った結果、条件の効果は有意であった ( $F(2, 4) = 314.52$ ,  $p < .01$ )。Bonferroni法を用いて多重比較を行った結果、「遅い」と「通常」, 「遅い」と「速い」, 「通常」と「速い」の間に有意差が認められた ( $p < .05$ )。

歩行時間, 歩数, 歩幅の平均値と標準偏差を Table 4に示した。ここで、それぞれ被験者内の一要因分散

Table 3 一分間あたりの歩数および速度の平均と標準偏差 (n=3)

	遅い	通常	速い
一分間あたりの歩数(歩/分)	92.33±6.55	115.67±8.22	138.67±9.84
一分間あたりの速度(m/分)	56.07±3.80	73.27±3.24	84.92±3.02

Table 4 歩行時間, 歩数, 歩幅の平均と標準偏差 (n=3)

	遅い	通常	速い
歩行時間(秒)	17.21±1.21	13.13±0.59	11.32±0.41
歩数(歩)	26.56±3.59	25.33±2.76	26.00±2.60
歩幅(m)	0.61±0.08	0.64±0.07	0.62±0.06

分析を行った。歩行時間について、条件の効果は有意であった ( $F(2, 4) = 80.03, p < .01$ )。Bonferroni 法を用いて多重比較を行った結果、「遅い」と「通常」、「遅い」と「速い」の間に有意差が認められた ( $p < .05$ )。歩数について、条件の効果は有意でなかった ( $F(2, 4) = 2.47, n.s.$ )。歩幅について、条件の効果は有意でなかった ( $F(2, 4) = 2.80, n.s.$ )。

## 2. 偏軌距離

Fig. 2には、対象者の偏軌距離の平均値と標準偏差を示した。偏軌距離は、歩行速度「遅い」が177.67±32.95cm, 「通常」が121.67±34.16cm, 「速い」が180.78±48.75cmであり、「通常」が最も小さかった。被験者内の一要因分散分析を行った結果、条件の効果は有意でなかった ( $F(2, 4) = 3.85, n.s.$ )。

また、本研究では、白杖なし歩行条件の計測を行った。その結果は、歩行時間14.55±1.02秒, 歩数27.56±1.10歩, 歩幅0.58±0.02m, 偏軌距離254.56±137.07cmであった。偏軌距離における被験者内の一要因分散分析の結果、条件の効果が有意でなかった ( $F(2, 4) = 3.85, n.s.$ ) ことから、白杖なし歩行条件の「通常」と白杖歩行条件の「遅い」・「通常」・「速い」のそれぞれについて対応のある t 検定を行った。その結果、どの条件においても有意差は認められなかった(白杖なし歩行条件と白杖歩行条件の「遅い」,  $t(2) = 0.75, n.s.$ ; 白杖なし歩行条件と白杖歩行条件の「通常」,  $t(2) = 1.70, n.s.$ ; 白杖なし歩行条件と白杖歩行条件の「速い」,  $t(2) = 1.05, n.s.$ )。

## 3. 歩行軌跡

門脇・牟田口(2015)は、偏軌の方向は左側に偏軌する者(L型), 左右どちらにも偏軌する者(LR型), 右側に偏軌する者(R型)の3類型に分類することが

でき、対象者によって偏軌する方向に傾向があることを示唆している。そこで、本研究の対象者の歩行軌跡に関しても、3類型に分類した。その結果、対象者Aおよび対象者Cは白杖歩行条件全9試行中9試行とも右側に偏軌したことからR型に分類された。対象者Dは白杖歩行条件全9試行中5試行で左側に偏軌し、4試行で右側に偏軌したことからLR型に分類された。

## 4. 歩行と偏軌に関連した質問 (Table 2)

本研究では、実験後に歩行と偏軌に関連した質問 (Table 2) を行い、対象者の歩行を分析する際の資料とした。以下に各対象者の回答を示した。

### (1) 対象者 A

対象者Aは、6歳から小学6年の頃までY県立盲学校に週一で教育相談に通い、その頃に歩行指導を受けた。歩行補助具は白杖を使用している。日常生活の中で真っすぐ歩くことができずに失敗したこととして、横断歩道を横断する際に進行方向からずれるということを挙げていた。横断歩道を横断する際はエスコートゾーン(横断歩道中央部に道路全幅にわたって触覚マーカー(突起体)を敷設した設備のこと)や横断する人の足音、横断歩道と並走している車の音を手がかりにしており、手がかりのない横断歩道では縁石あるいは点字ブロックで真っすぐの方向をとるようにしていた。ホームから転落した経験はなかった。また、直進歩行距離に関する自己評価については、考えたことがなかったと回答した。歩行のくせについて、以前にも他者から歩行にくせがあることを聞いており、進行方向から偏軌する傾向がある。歩行中に危険と感じたことはない。

### (2) 対象者 B

対象者Bは、小学1年から6年までY県立盲学校

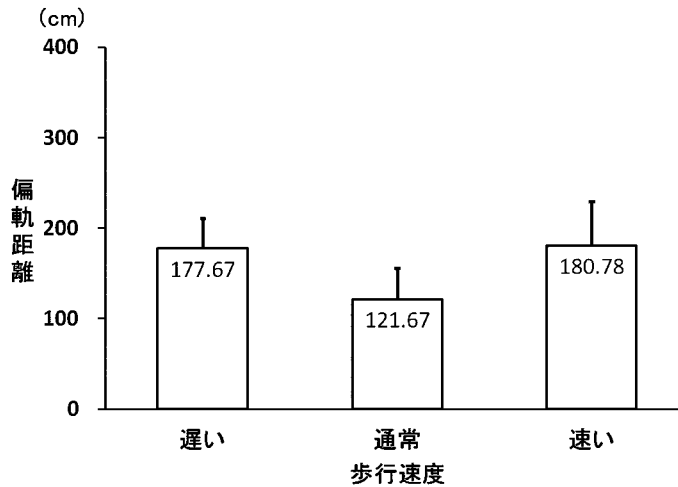


Fig. 2 偏軌距離の平均と標準偏差 (n=3)

に教育相談に通っており、その頃に歩行指導を受けた。歩行補助具は白杖を使用している。日常生活の中で真っすぐ歩くことができずに失敗したこととして、斜めに横断しないといけないところでうまく横断することができないということを挙げていた。横断歩道を横断する際は横断前の縁石と歩行者の足音を手がかりにしており、手がかりのない横断歩道では横断前に自分の方向を確かめてから横断し、横断してからも方向を確認すると回答していた。また、対象者Bは駅のホームから転落し、骨折した経験があった。事故の原因として、偏軌傾向と歩いている途中で方向を見失ったことが挙げられた。また、直進歩行距離に関する自己評価については、横断距離の短い横断歩道なら真っすぐ歩けると回答した。歩行のくせとして右に偏軌する傾向があり、歩行前に方向を定めるように工夫していた。歩行中に危険と感じることについては駅で改札を通る際に走っている人の足が白杖に当たることを挙げていた。

### (3) 対象者 C

対象者CはY県立盲学校小学部2、3年の頃に「養護・訓練」(現在の「自立活動」)の授業で歩行指導を受けた。歩行補助具は白杖を使用している。日常生活の中で真っすぐ歩くことができずに失敗したこととして、横断歩道を横断した際に横断口から少しずれた段差にぶつかることを挙げていた。また、横断歩道を横断する際は音響信号機を手がかりにしており、音源に向かって歩くことができるため一番の手がかりになると回答した。手がかりのない横断歩道では並走している車を頼りに歩くと回答した。駅のホームから転落し

た経験はないが、路面電車から降りようとした際に踏み外した経験があった。また、直進歩行距離に関する自己評価について、広い歩道だと真っすぐ歩くことができる時もあるが、その時の音等の状況によって変わると回答した。歩行のくせとして、左右どちらかに偏軌する傾向があり、また並走している車とは反対側に偏軌することを挙げていた。また、歩行中に危険と感じることについては交通量が少ない横断歩道では音もないため、車道の方に寄っていることがあり、その場合は元の位置に戻って歩き直すか、歩道に上がれるところを探すと回答した。

### (4) 対象者 D

対象者Dの視力は手動弁であり、本研究の対象者の中で唯一アイマスクによる視覚遮断の状況下で実験を行った対象者であった。歩行指導は特に受けていなかった。歩行補助具は白杖を使用している。日常生活の中で歩行する際は点字ブロックを頼りに歩いており、真っすぐ歩くことができずに失敗したことはなかった。横断歩道を横断する際は横断歩道の白線を手がかりにしており、手がかりのない横断歩道でも何らかの手がかりを見つけて横断すると回答していた。ホームから転落した経験はない。また、直進歩行距離に関する自己評価については、10mぐらいと回答した。歩行のくせはあまりないが、音を頼りに歩行していることが多く、走っている車の方に気付かない間に近付いていることがある。また、歩行中に危険と感じることについては後ろから近付いてくる自転車を挙げており、自転車は音あまりしないだけでなく、車が走っているとその音に自転車の音が消されるため危険

に感じると回答した。

## 5. 対象者 B の歩行軌跡

本研究での歩行路は、スタートラインからゴールラインまでの距離が16m、横幅は10mであり、歩行路の中央にある基準線から左右に5mずつの幅があった。対象者 B の歩行軌跡はゴールラインまで到達しない地点で、偏軌距離が5mよりも大きい値を示した (Fig. 3)。

## IV. 考 察

本研究の対象者は4名であったが、その内1名 (対象者 B) は前述の理由から測定不能だったため統計的处理から除外し、その他の3名 (対象者 A・C・D) について統計的处理を行った。しかし、分析対象者の人数が3名では統計的处理に耐えることができず、一般化された結論を導くことができなかった。そこで、本研究では3名の結果に関して、内省報告および歩行と偏軌に関連した質問 (Table 2) から先天性視覚障害者の白杖歩行の偏軌の特徴および類型別に見た偏軌の特徴について考察を行う。また、測定不能であった対象者 B の結果についても考察を行う。

### 1. 白杖歩行の偏軌の特徴

先天性視覚障害者を対象に3種類の歩行速度 (「遅い」・「通常」・「速い」) で計測を行った結果、偏軌距離は、「遅い」が $177.67 \pm 32.95\text{cm}$ 、「通常」が $121.67 \pm 34.16\text{cm}$ 、「速い」が $180.78 \pm 48.75\text{cm}$ であり、「遅い」と「速い」の偏軌距離にはほぼ差がないが、「通常」の偏軌距離が3つの中で最も小さくなった。この結果は歩行速度に関して、白杖歩行を想定していない研究結果 (Cohen & Sangi-Haghpeykar, 2011; Uematsu et al., 2011) を支持するものであり、本研究の対象となった先天性視覚障害者3名は日常的に歩く歩行速度である「通常」で偏軌を小さくできると推察された。ただし、統計的な有意差が出ておらず、一般化された結論ではないことに注意をする必要がある。一方、白杖歩行を想定した晴眼大学生対象のシミュレーション実験では、歩行速度「速い」が「遅い」と比較して有意に偏軌距離が小さくなること示されており (門脇・牟田口, 2015)、本研究の結果と異なるものであった。このことから、視覚経験の有無の要因が白杖歩行の偏軌に影響を与えることが考えられたが、本研究では検討できなかった。また、歩行速度に関して、

本研究の歩行速度「通常」は $115.67 \pm 8.22$  (歩/分) であり、門脇・牟田口 (2015) で対象となった晴眼大学生の「通常」 $104.57 \pm 6.86$  (歩/分) よりも速かった。この点について、Hallemans, Ortibus, Meire, and Aerts (2010) は晴眼者がアイマスクをした場合に歩行速度が遅くなることを示しており、このため門脇・牟田口 (2015) の対象者と比較して歩行速度が速かったと考えられる。

歩数、歩幅に関して有意差は認められなかった。また、白杖なし歩行条件の「通常」と白杖歩行条件の「遅い」・「通常」・「速い」のそれぞれについて対応のある t 検定を行った結果、どの条件においても有意差は認められなかった。先述した通り、本研究の対象者の数では統計的处理に耐えることができず、歩数、歩幅、白杖の有無の要因がもたらす白杖歩行の偏軌への影響について、一般化された結論を導くことができなかった。この点については、対象者の数を増やして同様の実験を行い、その影響について検討する必要がある。

### 2. 類型別に見た偏軌の特徴

門脇・牟田口 (2015) は、偏軌の方向は左側に偏軌する者 (L 型)、左右どちらにも偏軌する者 (LR 型)、右側に偏軌する者 (R 型) の3類型に分類することができ、対象者によって偏軌する方向に傾向があることを示唆している。また、LR 型の者は L 型と R 型と比較して、偏軌距離が有意に小さいことを示している。そこで、本研究の対象者の歩行軌跡に関しても、3類型に分類した。その結果、対象者 A および対象者 C は R 型に、対象者 D は LR 型に分類された。歩行と偏軌に関連した質問 (Table 2) の「真つすぐ歩けず、失敗した経験の有無」に関して、対象者 D (LR 型) は「あまりない」と回答した一方で、対象者 A (R 型) は「横断歩道を渡るときに進行方向からずれる」と回答しており、対象者 C (R 型) は「横断歩道を横断した際に横断口から少しずれた段差にぶつかる」と回答していた。また、「歩行のくせとその対応策」に関して、対象者 D (LR 型) は「あまりない」と回答した一方で、対象者 A (R 型) は「以前にも他者から歩行にくせがあることを聞いており、偏軌する傾向がある」と回答しており、対象者 C (R 型) は「左右どちらかに偏軌する傾向がある」と回答していた。このことから、対象者 D は歩行のくせがないのに加えて、LR 型であり偏軌する傾向も少ないと言えるが、対象者 A および対象者 C は歩行のくせとして偏軌する傾向があり、R 型であったことから特に右側に偏軌していることが明

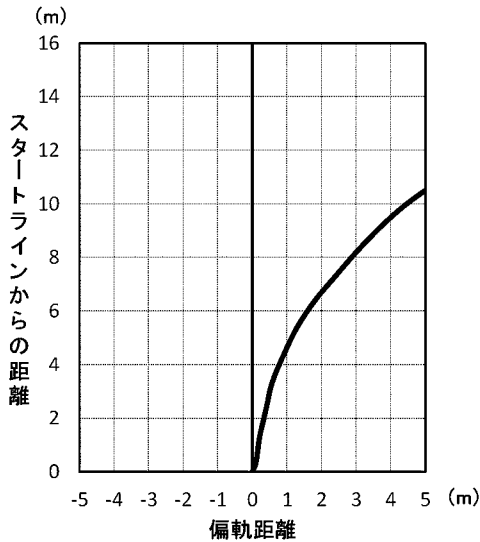


Fig. 3 対象者 B の歩行軌跡

らかにされた。本研究は実験的な環境を設定して研究を行っているが、対象者が示した歩行軌跡と歩行と偏軌に関連した質問 (Table 2) の回答から、3 類型の分類は日常的な歩行場面との関連があり、歩行を評価する際の一資料になりうることが示唆された。また、対象者の中には以前より偏軌傾向があることを自覚している者がおり、こういった点からも 3 類型の分類によって偏軌の方向を視覚障害者にフィードバックすることで、安全な歩行につなげていくことが必要であると考えられた。

また、視覚障害者の歩行中に偏軌が生じる場面の一つとして横断歩道があるが、「横断歩道を歩く際に手がかりにしているもの」に関して、対象者 A・C・D は「エスコートゾーン」、「横断する人の足音」、「並行して走っている車の音」、「音響信号機」、「横断歩道の白線」を挙げており、「エスコートゾーン」や「横断歩道の白線」といった歩行環境の物理的手がかりや、「横断する人の足音」や「並行して走っている車の音」、「音響信号機」といった歩行環境の音響的手がかりを利用していた。また、「手がかりのない横断歩道を歩く際に手がかりにしているもの」に関して、対象者 A・C・D は「縁石や点字ブロックで方向をとる」、「並走している車を頼りに歩く」、「何らかの手がかりを見つけて横断する」を挙げており、こちらについても歩行環境の物理的手がかりや音響的手がかりを利用していた。視覚障害者の道路横断行動に関して、特定の交差点を日常的に利用している視覚障害者は横断歩道をはみ出るなどの危険行動はなく、非常にスムーズに横断

することが報告されており (柳原・三星・北川・藤田, 2007), 視覚障害者が安全に横断できるようにするためにも、日常的に利用しない横断歩道や手がかりのない横断歩道での道路横断行動についても検討していく必要があると考える。また、柳原ら (2007) は歩行支援情報システムを用いた横断において、より直線的に歩行できることを示しており、視覚障害者が横断歩道を横断する際に歩行支援情報システムを活用していくことも有効な手段であると考えられる。しかし、徳田 (2003) は「援助システムの開発と実施はほとんどのケースにおいて、視覚障害者のニーズをもとにして進められているとされている。しかしながら、視覚障害者の歩行能力、生活スタイル、援助ニーズなどはきわめて多様である。実際、ニーズ調査の対象となった視覚障害者の移動頻度、歩行形態、移動に対するモチベーションなどを詳細に吟味してシステム開発に反映されているケースはあまり多くなく、調査結果を『一般的な視覚障害者のニーズ』として捉えてしまう誤りがしばしば生じてしまっている」と述べている。このことから、歩行支援情報システムを活用していくためにもその客観的な評価が必要であり、本研究で示したような歩行速度や歩行軌跡等の詳細なデータを蓄積していくことが求められる。

### 3. 対象者 B について

対象者 B の歩行軌跡はゴールラインまで到達しない地点で、偏軌距離が 5 m よりも大きい値を示した (Fig. 3)。このことから、対象者 B の歩行軌跡は偏軌が大きく、歩行軌跡を延長すると円を描くような歩行軌跡になると推察された。また、対象者 B は歩行と偏軌に関連した質問 (Table 2) の「真っすぐ歩けず、失敗した経験の有無」に関して、「斜めに横断しないといけないところでうまく横断することができない」と回答していただけてだけでなく、「歩行のくせとその対応策」に関して、「右に偏軌する傾向がある」と回答していた。これらの回答と本研究での歩行軌跡を踏まえると、対象者 B は偏軌傾向があるだけでなく、偏軌が大きく生じる傾向にあると考えられた。さらに、対象者 B は駅のホームから転落し、骨折した経験があった。事故の原因として、偏軌傾向と歩いている途中で方向を見失ったことが挙げられた。大倉・村上・清水・田内 (1995) は視覚障害者の駅プラットホームからの転落事故について、その原因と歩行特性との関連を分析しており、転落事故に関与すると考えられる歩行行動上の要因として、偏軌傾向、音源定位におけ



る距離判断の不正確さ、エコーによる障害物認知、過大な心理的ストレス、聴覚情報に基づく意思決定があると報告している。このことから、対象者Bのように偏軌が大きく生じると重大な事故につながる危険性があり、それを生じないようにするための対策が必要となる。大倉ら（1995）はその対策の一つとして、closed platformや安全柵を設置して、ホームと線路の間に明確な仕切りをつけることを提案している。国土交通省鉄道局（2012）では、転落防止対策の進め方として、一日の利用者が10万人以上の駅において、ホームドア若しくは可動式ホーム柵又は内方線付きJIS規格化点状ブロックの整備による転落防止対策を優先して速やかに実施するように努めるとしている。しかし、一日の利用者が10万人以上の駅は全国的にも少なく、対策が進んでいないのが現状であり、視覚障害者の転落防止のためにもホームドアのようなハード面の対策が喫緊の課題である。また、ソフト面の対策の一つとして、歩行指導の際に視覚障害者の歩行軌跡が3種類の内のどの類型に分類されるか、また偏軌が大きく生じるかといった歩行に関する評価を行った上で、安全な歩行につなげていくことが重要となると考える。

#### 4. 音要因への配慮

門脇・牟田口（2015）の手法にならって、本研究においても暗騒音の測定と進行方向を逆に進む条件をカウンターバランスとして取り入れることで配慮した。対象者の内省報告からも「音は気にならなかった」といった意見があっただけでなく、歩行軌跡も進行方向に関わらず、一定の方向に偏軌していくことが観察されたことから、本研究では課題遂行中の音響環境が偏軌に影響を及ぼした可能性は低いと考えられる。

## 文 献

- Cohen, H. S. & Sangi-haghighpeykar, H. (2011) Walking speed and vestibular disorders in a path integration task. *Gait & Posture*, 33, 211-213.
- Hallemans, A., Ortibus, E., Meire, F., & Aerts, P. (2000) Low vision affects dynamic stability of gait. *Gait & Posture*, 32 (4), 547-551.
- 門脇弘樹・牟田口辰己（2015）白杖歩行の偏軌に歩行速度がもたらす影響. 視覚リハビリテーション研究, 5(2), 53-62.
- 国土交通省鉄道局（2012）ホームにおける旅客の転落防止対策の進め方：「ホームドアの整備促進等に関する検討会」中間とりまとめ. 運転協会誌, 54(1), 6-10.
- 文部省（1985）歩行指導の手引. 慶應通信株式会社.
- 大倉元宏・村上琢磨・清水 学・田内雅規（1995）視覚障害者の歩行特性と駅プラットフォームからの転落事故. 人間工学, 31(1), 1-8.
- 佐藤泰正（1974）視覚障害児の心理学. 学芸図書.
- 佐藤泰正（1988）視覚障害心理学. 学芸図書.
- 田伏久士・植阪友理・野口忠則（2014）上半身の姿勢維持に関する意識づけが直線歩行に及ぼす影響. 視覚リハビリテーション研究, 4(1), 17-27.
- 徳田克己（2003）視覚障害者のための移動援助システム. 国際交通安全学会誌, 23(1), 44-51.
- Uematsu, A., Inoue, K., Hobara, H., Kobayashi, H., Iwamoto, Y., Hortobagyi, T., & Suzuki, S. (2011) Preferred step frequency minimizes veering during natural human walking. *Neuroscience Letters*, 505, 291-293.
- 柳原崇男・三星明宏・北川喜代治・藤田和宏（2007）視覚障害者の道路横断行動と歩行支援情報システムの効果に関する研究. 福祉のまちづくり研究, 8(2), 23-32.

（2017.2.3受理）

## Veering Characteristics in Walking with a Long Cane: Focus on Persons with Congenital Visual Impairment

Hiroki KADOWAKI

Graduate School of Education, Hiroshima University

Shino KIKUCHI

Graduate School of Education, Hiroshima University

Tatsumi MUTAGUCHI

Graduate School of Education, Hiroshima University

The primary aim of this study was to examine how walking speed at three difference paces (slow, preferred, fast) affected veering while walking with a long cane in four adults with congenital visual impairment. We also compared the two conditions of walking with and without a long cane, and we revealed veering characteristics in walking with a long cane. In walking with a long cane, veering was less at the preferred pace than at the slow and fast pace. There was no significant difference in veering under the two conditions of walking at three paces with a long cane held in the dominant hand and walking at the preferred pace without a long cane. But these results were not enough for statistical processing as there were three subjects. Walking trajectory in subjects could be categorized into two subjects was R type; veering to the right and one subject was LR type; veering to the right or left. It was suggested that classification of three types is related to daily walking, and could be an evaluation indicator. Veering of one subject was more than five meters. Also, this subject had the experience of falling from train platforms. With risks leading to serious accidents involving large veering, countermeasures must be taken.

**Key Words:** persons with congenital visual impairment, veering, walking speed, veering trajectory